

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-180792

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

G02B 27/28  
G02B 5/18  
G02B 5/30  
G02F 1/13  
G02F 1/13357  
H04N 5/74  
H04N 9/31

(21)Application number : 10-351283

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 10.12.1998

(72)Inventor : HAYASHI KOTARO  
SAWAI YASUMASA  
KONNO KENJI

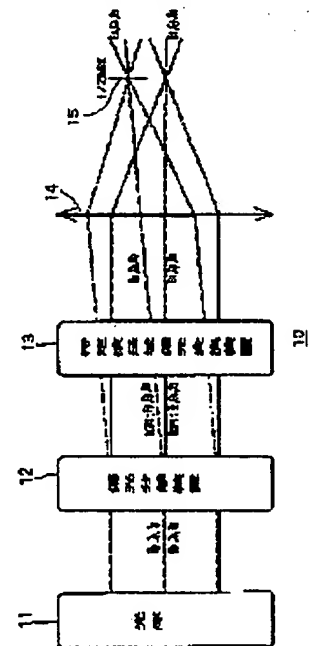
## (54) ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM AND PROJECTION TYPE PICTURE DISPLAY DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent the loss of light quantity from occurring, when color resolution and color combining are executed by separating a light beam into two light beams having angular difference, rotating the plane of the polarization of only the light beam in a specified wavelength area, while maintaining the angle difference and converging the light beams.

**SOLUTION:** Light beams RP, GP, BP, RS, GS and BS emitted from a light source 11 are separated into the P-polarized light beams RP, GP and BP and the S-polarized light beams RS, GS and BS by giving the angular difference by polarized light separation device 12 and are made incident on a specified wavelength region polarized light conversion device 13. Since the plane of the polarization of only the G light beam in the specified wavelength region is rotated by  $90^\circ$  by the conversion device 13, the G light beam GP which was the P-polarized light beam is converted into the G light beam GP which was the P-polarized light beam and the G light beam GS which was the S-polarized light beam is converted to the G light beam GP which was the P-polarized light beam. Therefore, two sets of light beams RP, GS and BP and light beams RS, GP and BS are emitted from the conversion device 13 and made

incident on a converging optical system 14. Moreover, a  $1/2$  wavelength plate 15 is arranged near the converging part of the light beams RP, GS and BP and the plane of the polarization of the transmitted light beam is rotated by  $90^\circ$ . Thus, the R light RP which was the P-polarized light beam, the G light beams GS which was the S-polarized light beam and the B light beam BP the P-polarized light beam are converted to the R light beam RS being the S-polarized light beam, the G light beam GP being the P-polarized light beam and the B light beam BS being the S-polarized light beam.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-180792

(P2000-180792A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000. 6. 30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマート* (参考)
G 0 2 B 27/28		G 0 2 B 27/28	Z 2 H 0 4 9
5/18		5/18	2 H 0 8 8
5/30		5/30	2 H 0 9 1
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5 2 H 0 9 9
1/13357		H 0 4 N 5/74	B 5 C 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-351283

(22) 出願日 平成10年12月10日 (1998. 12. 10)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 林 宏太郎

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 澤井 靖昌

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

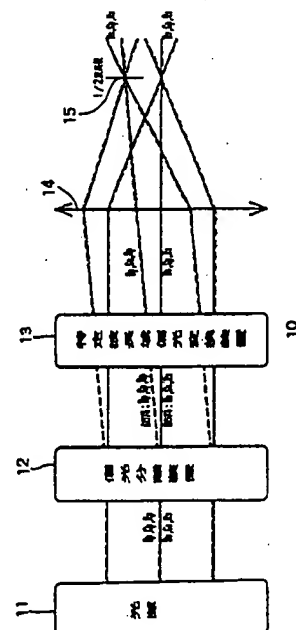
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学系および投射型画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 色分解および色合成において光量損失が発生しない照明光を供給する照明光学系を提供する。

【解決手段】 偏光面が無秩序な白色光を発する光源、光源からの光を偏光面が垂直で進行方向に角度差のある2つの光に分離する偏光分離装置、分離された2つの光を受けてそれぞれの特定の波長域を偏光変換する特定波長偏光変換装置、特定波長域を偏光変換された2つの光を受けて両者を異なる収束位置に収束させる収束光学系、および一方の収束位置近傍に配置された1/2波長板により照明光学系を構成する。この照明光学系が供給する光は特定波長域と他の波長域で偏光面が異なる白色光となり、特定波長域と他の波長域とに色分解する際に、偏光面の違いを利用して光量損失を防止することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 偏光面が無秩序な白色の光を発する光源、

前記光源からの光を、互いに垂直な偏光面を有し進行方向に角度差のある第1および第2の光に分離する偏光分離装置、

前記進行方向の角度差を維持したまま、前記第1および第2の光に含まれる特定の波長域の光のみの偏光面を回転させる特定波長域偏光変換装置、

前記特定波長域偏光変換装置からの前記第1および第2の光をそれぞれ第1および第2の収束位置に収束させる収束光学系、および前記第1および第2の収束位置の少なくともいずれか一方の近傍に配置され、前記第1または第2の光の偏光面を回転させる1/2波長板を備えることを特徴とする照明光学系。

【請求項2】 前記特定波長域偏光変換装置は、前記特定の波長域の光を透過させ前記特定の波長域以外の光を反射するダイクロイック面、前記特定の波長域の光に対する1/4波長板、および前記ダイクロイック面を透過した光を反射する反射面をこの順に配置して成り、光を前記ダイクロイック面側から入射させて前記ダイクロイック面側に射出することを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。

【請求項3】 前記偏光分離装置は、互いに垂直な偏光面を有する2つの偏光の一方を反射し他方を透過させる偏光分離面、および前記偏光分離面に対して傾けて配置され前記偏光分離面を透過した偏光を反射する反射面より成ることを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。

【請求項4】 前記偏光分離装置は、表面にブレース型回折格子が形成された第1の媒質、および複屈折性を有し前記ブレース型回折格子に密着して配置された第2の媒質より成ることを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。

【請求項5】 前記特定の波長域は緑色の波長域であることを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。

【請求項6】 レンズアレイ方式のインテグレータを備え、前記インテグレータの第1のレンズアレイを前記収束光学系とし、前記インテグレータの第2のレンズアレイの近傍を前記第1および第2の収束位置とすることを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。

【請求項7】 請求項1に記載の照明光学系、3つの反射型液晶パネル、前記照明光学系から供給される光を前記特定の波長域の光と前記特定の波長域以外の2つの波長域の光とに分解し、分解後の3つの光を前記3つの反射型液晶パネルに個別に導き、前記3つの反射型液晶パネルによって反射された光を合成する2つのダイクロイック面、および前記2つのダイクロイック面によって合成された光を投射する投射光学系を備えることを特徴とする投射型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投射型画像表示装置等の光学装置に用いられる照明光学系に関し、より詳しくは、光源からの光の偏光面を揃える照明光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の投射型画像表示装置の光学系の構成例を図12に示す。この投射型画像表示装置は、照明光学系90、色分解・色合成兼用のクロスダイクロイックプリズム98、3つの反射型液晶パネル99R、99G、99B、および投射光学系100を備えた瞳分割照明方式の装置であって、液晶パネル99R、99G、99Bに照明光を導くための全反射ミラー101が投射光学系100の瞳位置に配置されている。照明光学系90は、光源であるランプ91、リフレクタ92、UV・IRカットフィルタ93、凹レンズ94、インテグレータ95、偏光分離プリズム96、および1/2波長板97より成る。

【0003】ランプ91は偏光面が無秩序な白色光を発し、リフレクタ92はランプ91からの光を反射して収束させる。UV・IRカットフィルタ93は可視光のみを透過させ、凹レンズ94はリフレクタ92からの光を平行光束として、インテグレータ95に導く。

【0004】インテグレータ95は第1のレンズアレイ95aと第2のレンズアレイ95bより成り、これらのレンズアレイ95a、95bの間に偏光分離プリズム96が配置されている。第1のレンズアレイ95aの各レンズセルは、凹レンズ94からの光を第2のレンズアレイ95bの対応するレンズセル近傍に結像させ、第2のレンズアレイ95bの各レンズセルは、透過する光を液晶パネル99R、99G、99Bの全面に導く。

【0005】偏光分離プリズム96にはS偏光を反射しP偏光を透過させる偏光分離面96aと全反射面96bが設けられており、第1のレンズアレイ95aを透過した偏光面が無秩序な光は、偏光分離面96aで反射されるS偏光と偏光分離面96aを透過するP偏光に分離される。P偏光は全反射面96bで反射されて、偏光分離面96aで反射されたS偏光と同じ方向に進み、両者は第2のレンズアレイ95bの隣合うレンズセルに入射する。1/2波長板97はP偏光が入射するレンズセルに設けられており、入射するP偏光をS偏光に変換する。したがって、照明光学系90からの光は全てS偏光となる。

【0006】投射光学系100は前群100a、後群100bおよび絞り100cより成る。投射光学系100の瞳は前群100a、後群100bの間に位置し、ここに瞳の半分を塞ぐ全反射ミラー101が配置され、その近傍に絞り100cが配置されている。クロスダイクロイックプリズム98は、赤色(R)光を選択的に反射するダイクロイック面98Rと、青色(B)光を選択的に

反射するダイクロイック面98Bを有しており、液晶パネル99R、99G、99Bはそれぞれ異なる方向からクロスダイクロイックプリズム98に対向している。

【0007】照明光学系90からの照明光L1は全反射ミラー101によって反射され、後群100bを経てクロスダイクロイックプリズム98に入射し、ダイクロイック面98Rによって反射されるR光、ダイクロイック面98Bによって反射されるB光、およびダイクロイック面98R、98Bを透過する緑色(G)光に分解される。分解されたR光、G光、B光はそれぞれ液晶パネル99R、99G、99Bを照明し、各液晶パネルによって反射される。この間に、R光、G光、B光は各液晶パネルで画像の色成分に応じて変調される。

【0008】液晶パネル99R、99G、99Bによって反射された変調後のR光、G光、B光は、再度クロスダイクロイックプリズム98に入射し、ダイクロイック面98R、98Bにより反射されまたはこれらを透過することによって合成され、投射光L2となる。投射光L2は投射光学系100の光軸に関して往路と対称な経路を通り、投射光学系100から拡大投射される。投射光学系100は投射光L2を不図示のスクリーン上に結像させ、これによりカラー画像が表示される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記の投射型画像表示装置では、照明光L1が全てS偏光に揃えられた状態でクロスダイクロイックプリズム98に入射する。いま、例えば、クロスダイクロイックプリズム98でのS偏光の透過率が50%となるカットオフ値を、ダイクロイック面98Rで580nmとし、ダイクロイック面98Bで510nmとする。このとき、液晶パネル99Gを照明するG光の波長域は510~580nmであり、510nmおよび580nmの波長でのエネルギーは、クロスダイクロイックプリズム98に入射する前の50%である。

【0010】液晶パネル99Gで反射されて投射光L2となるG光は、再びダイクロイック面98R、98Bを透過する。このとき、510nmおよび580nmの波長の光はさらに50%しか透過しないので、スクリーンに到達する投射光のエネルギーは、これらの波長については元々の25%になってしまう。したがって、投射光のG光の波長域は、ダイクロイック面98R、98Bでの透過率が70%（往復で50%）となる波長域、例えば520~570nmに狭まることになる。

【0011】R光、B光についても同様である。すなわち、照明光L1の波長域はダイクロイック面98R、98Bでの反射率が50%となる波長で決まる波長域（R光は580nm以上、B光は510nm以下）であるが、投射光L2の波長域はダイクロイック面98R、98Bでの反射率が70%（往復で50%）となる波長で決まる波長域、例えばR光は590nm以上、B光は5

00nm以下に狭まることになる。

【0012】これらは主光線における概算である。一般に、ダイクロイック面の特性は光の入射角に依存し、主光線と異なる角度でダイクロイック面に入射する光線の透過率や反射率は主光線の透過率や反射率から変動する。この変動を考慮すると、R光、G光、B光の波長域はさらに狭まることになる。

【0013】前述の投射型画像表示装置では、色分解の境界波長すなわちカットオフ波長の近傍の波長域で、光のエネルギーつまり光量に損失が生じていたことになる。その失われた光は、図13に示すように、クロスダイクロイックプリズム98およびその周辺で反射や透過を繰り返す迷光L3となる。この迷光L3は、ゴーストとなって現れたりコントラストを低下させたりして、表示画像の質の低下を招く原因となる。

【0014】本発明は、このような状況に鑑みてなされたもので、色分解および色合成において光量損失が発生しない照明光を供給する照明光学系を提供することを目的とし、また、その照明光学系を用いた明るく質の高い画像を表示し得る投射型画像表示装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、偏光面が無秩序な白色の光を発する光源、光源からの光を、互いに垂直な偏光面を有し進行方向に角度差のある第1および第2の光に分離する偏光分離装置、進行方向の角度差を維持したまま、第1および第2の光に含まれる特定の波長域の光のみの偏光面を回転させる特定波長域偏光変換装置、特定波長域偏光変換装置からの第1および第2の光をそれぞれ第1および第2の収束位置に収束させる収束光学系、および第1および第2の収束位置の少なくともいずれか一方の近傍に配置され、第1または第2の光の偏光面を回転させる1/2波長板により照明光学系を構成する。

【0016】この照明光学系では、光源からの白色光は偏光分離装置によって、偏光面が垂直な第1、第2の光すなわちS偏光とP偏光に分離される。分離された第1、第2の光は角度差をもって異なる方向に進み、特定波長域偏光変換装置を経て、収束光学系によって個別に収束させられる。特定波長域偏光変換装置は、偏光分離装置から収束光学系に進む第1、第2の光に含まれる特定の波長域の光の偏光面を回転させて、他の波長の光の偏光面と相違させる。また、特定波長域偏光変換装置は第1、第2の光の進行方向の角度差に変化をもたらしことができなく、収束光学系による両光の収束に影響を及ぼさない。

【0017】一方の収束位置の近傍には1/2波長板が配置されており、これを透過する光の偏光面は同一波長の他方の光の偏光面と同じにされる。したがって、この

照明光学系が供給する光は、特定の波長域を除く全ての

波長で偏光面が同一で、特定の波長域では他の波長の偏光面に対して垂直な偏光面をもつ白色光となる。例えば、特定の波長域でP偏光、他の波長域でS偏光の白色光が得られる。

【0018】特定波長域偏光変換装置は、特定の波長域の光を透過させ特定の波長域以外の光を反射するダイクロイック面、特定の波長域の光に対する1/4波長板、およびダイクロイック面を透過した光を反射する反射面をこの順に配置して構成することができる。特定の波長域の光は、ダイクロイック面を透過して反射面で反射されるが、この間に1/4波長板を2回透過する。これにより、特定の波長域の光の偏光面は特定の波長域以外の光の偏光面に対して垂直になる。この特定波長域偏光変換装置は、光をダイクロイック面側から入射させてダイクロイック面側に射出するミラー型のものとなる。

【0019】偏光分離装置は、互いに垂直な偏光面を有する2つの偏光の一方を反射し他方を透過させる偏光分離面、および偏光分離面に対して傾けて配置され偏光分離面を透過した偏光を反射する反射面で構成することができる。この偏光分離装置はくさび型であり、偏光分離面をプリズムとの間に設ければ偏光分離くさびプリズムとなる。

【0020】偏光分離装置は、表面にブレース型回折格子が形成された第1の媒質、および複屈折性を有しブレース型回折格子に密着して配置された第2の媒質で構成することもできる。第2の媒質と第1の媒質の屈折率の差が、偏光面が互いに垂直な2つの光に対して異なることにより、両光を異なる回折角で回折させて分離することができる。

【0021】特定の波長域は緑色の波長域とするとよい。例えば、白色光をR光、G光、B光に色分解するとき、中央の波長域の偏光面が両側の波長域の偏光面と異なることになり、これを利用して効率よく色分解を行うことが可能になる。

【0022】照明光学系にレンズアレイ方式のインテグレータを備えて、インテグレータの第1のレンズアレイを収束光学系とし、インテグレータの第2のレンズアレイの近傍を第1および第2の収束位置としてもよい。1/2波長板は第2のレンズアレイの近傍に配置することになる。インテグレータを備えることで強度分布が均一な光を提供することが可能になり、インテグレータを収束光学系に兼用することで、照明光学系の全体構成を小型化することができる。

【0023】前記目的を達成するために、本発明ではまた、上記の照明光学系、3つの反射型液晶パネル、照明光学系から供給される光を特定の波長域の光と特定の波長域以外の2つの波長域の光とに分解し、分解後の3つの光を3つの反射型液晶パネルに個別に導き、3つの反射型液晶パネルによって反射された光を合成する2つのダイクロイック面、および2つのダイクロイック面によ

って合成された光を投射する投射光学系により投射型画像表示装置を構成する。

【0024】照明光学系からの光の偏光面は特定の波長域とそれ以外の波長域とで垂直な関係にあるから、2つのダイクロイック面による光の色分解および色合成に際して、ダイクロイック面のS偏光に対する特性とP偏光に対する特性の違いを利用することができる。すなわち、特定の波長域全体の光を透過させ他の波長域全体の光を反射するダイクロイック面、あるいは特定の波長域全体の光を反射し他の波長域全体の光を透過させるダイクロイック面を容易に実現することができ、このようなダイクロイック面を2つ用いることで、光の色分解および色合成における光量損失をほとんど無くすることが可能になる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明について図面を参照しながら説明する。図1に本発明の照明光学系10の原理を模式的に示す。照明光学系10は、光源11、偏光分離装置12、特定波長域偏光変換装置13、収束光学系14、および1/2波長板15を備えている。光源11が発する光は白色光であり、その波長はR光、G光、B光の全波長域にわたる。また、光源11が発する光の偏光面は無秩序であり、光源11の光には、偏光面が互いに垂直なS偏光の成分とP偏光の成分が含まれている。以下、P偏光のR光、G光、B光をそれぞれRP、GP、BPで表し、S偏光のR光、G光、B光をそれぞれRS、GS、BSで表す。

【0026】光源11からの光RP、GP、BP、RS、GS、BSは、まず偏光分離装置12によって、角度差をもってA方向とB方向にそれぞれ進むP偏光の光RP、GP、BPとS偏光の光RS、GS、BSの2組に分離される。分離されたP偏光の光RP、GP、BPおよびS偏光の光RS、GS、BSは共に特定波長域偏光変換装置13に入射する。

【0027】特定波長域偏光変換装置13は、他の波長の光の偏光面を変化させることなく特定の波長域の光の偏光面を変化させるものである。図1では、G光の波長域を特定波長域とし、G光の偏光面を90°回転させる場合を示している。これにより、P偏光であったG光GPはS偏光のG光GSへと変換され、S偏光であったG光GSはP偏光のG光GPへと変換される。他の光RP、BP、RS、BSは変化しない。したがって、特定波長域偏光変換装置13は光RP、GS、BPと光RS、GP、BSの2組を射出することになる。特定波長域偏光変換装置13は、2組の光の進行方向の角度差に変化をもたらすことなく、上記の偏光変換を行う。

【0028】特定波長域偏光変換装置13を出射した光は全て収束光学系14に入射し、所定の収束位置に収束する。偏光分離装置12が進行方向に角度差をもたせて偏光分離し、この角度差を特定波長域偏光変換装置13

が維持するから、光R<sub>P</sub>、G<sub>S</sub>、B<sub>P</sub>の収束位置と光R<sub>S</sub>、G<sub>P</sub>、B<sub>S</sub>の収束位置は異なる。光R<sub>P</sub>、G<sub>S</sub>、B<sub>P</sub>の収束位置近傍には1/2波長板15が配置されており、これを透過する間に偏光面は90°回転し、P偏光のR光R<sub>P</sub>、S偏光のG光G<sub>S</sub>、P偏光のB光B<sub>P</sub>はそれぞれ、S偏光のR光R<sub>S</sub>、P偏光のG光G<sub>P</sub>、S偏光のB光B<sub>S</sub>へと変換される。その結果、照明光学系10が供給する光はS偏光のR光R<sub>S</sub>、P偏光のG光G<sub>P</sub>、S偏光のB<sub>S</sub>のみを含む白色光となる。

【0029】なお、特定波長域はG光の波長域に限られるものではなく、他の波長域、例えば、R光の波長域、B光の波長域、または黄色光の波長域でもよい。また、1/2波長板15の配置位置も、2つの収束位置のどちらとしてもよい。特定波長域および1/2波長板15の配置位置は、照明光学系10の用途に応じて設定する。

【0030】上記の機能を有する照明光学系10を備えた本発明の投射型画像表示装置（以下、単に投射表示装置ともいう）の実施形態について説明する。図2に、第1の実施形態の投射型画像表示装置1の光学系の全体構成を示す。投射表示装置1は、照明光学系10が供給する白色光をR光、G光、B光に色分解し、分解後の光で3つの液晶パネルを個別に照明し、各液晶パネルで変調された光を合成して投射することにより、カラー画像を表示するものである。

【0031】投射表示装置1は、照明光学系10のほか、投射光学系20、クロスダイクロイックプリズム30、および3つの反射型液晶パネル40R、40G、40Bを備えている。投射表示装置1は瞳分割照明方式を採用しており、照明光学系10からの光を受けてクロスダイクロイックプリズム30に導くための全反射ミラー21が、投射光学系20の内部に設けられている。

【0032】照明光学系10は、光源11、偏光分離装置12、特定波長域偏光変換装置13、収束光学系14、1/2波長板15、リフレクタ16、UV・IRカットフィルタ17、凹レンズ18、およびレンズアレイ19より成る。光源11はメタルハライドランプ等のアーケ放電ランプであり、偏光面が無秩序で可視領域全体にわたる波長の白色光を発する。

【0033】リフレクタ16は楕円面状であり、その第1焦点に光源11が配置されている。リフレクタ16は光源11が発する光を反射して第2焦点に収束させる。UV・IRカットフィルタ17は、光源11が発する光に含まれている紫外領域および赤外領域の波長の光を除去する。凹レンズ18は、リフレクタ16とその第2焦点の間に配置されており、リフレクタ16によって収束光とされている光を平行光として偏光分離装置12に導く。

【0034】偏光分離装置12は、凹レンズ18から入射する偏光面が無秩序な白色光を、P偏光とS偏光に分離する。投射表示装置1ではG光の波長域を特定波長域

としており、特定波長域偏光変換装置13は分離されたP偏光とS偏光を、それぞれ光R<sub>P</sub>、G<sub>S</sub>、B<sub>P</sub>と光R<sub>S</sub>、G<sub>P</sub>、B<sub>S</sub>に変換する。偏光分離装置12および特定波長域偏光変換装置13の構成や具体的特性については後に詳述する。

【0035】収束光学系14は複数のレンズセルを2次元に配列したレンズアレイであり、同様に2次元に配列された複数のレンズセルから成るレンズアレイ19と共に、インテグレータを構成している。収束光学系14であるレンズアレイがインテグレータの第1のレンズアレイとなって、インテグレータの第2のレンズアレイであるレンズアレイ19の近傍に、特定波長域偏光変換装置13からの光を収束させる。

【0036】第2のレンズアレイ19の各レンズセル上には、第1のレンズアレイ14の対応するレンズセルからの光により光源像が形成される。特定波長域偏光変換装置13からの光は、進行方向が異なる光R<sub>P</sub>、G<sub>S</sub>、B<sub>P</sub>と光R<sub>S</sub>、G<sub>P</sub>、B<sub>S</sub>の2組に分離されており、第2のレンズアレイ19の各レンズセルには、これら2組の光による2つの光源像が離れて形成されることになる。

【0037】第2のレンズアレイ19の各レンズセルは、透過する光が液晶パネル40R、40G、40Bの全面を照明するように設定されており、各液晶パネル上で第2のレンズアレイ19の全てのレンズセルからの光が重なり合う。リフレクタ16によって反射された光には光束の中央部と周辺部で強度差があり、このため、レンズアレイ19の中央部のレンズセルを透過する光と周辺部のレンズセルを透過する光の量は異なるが、各液晶パネル上で全てのレンズセルからの光が重なり合うため、各液晶パネルの全面は均一な明るさに照明される。

【0038】なお、第2のレンズアレイ19の各レンズセルは、異なる位置に形成される2つの光源像のそれぞれが、液晶パネル40R、40G、40Bの全面を照明するように、偏心して形成されている。

【0039】1/2波長板15は、第2のレンズアレイ19の出射面に設けられており、光R<sub>P</sub>、G<sub>S</sub>、B<sub>P</sub>の収束位置の近傍に位置する。したがって、照明光学系10が供給する光は、S偏光のR光R<sub>S</sub>、B光B<sub>S</sub>およびP偏光のG光G<sub>P</sub>となる。

【0040】投射光学系20は前群20a、後群20bおよび絞り20cより成り、その瞳は前群20aと後群20bの間に位置している。瞳位置には全反射ミラー21が、瞳の半分を塞ぐように、投射光学系20の光軸Axに対して傾けて配置されている。また、絞り20cも瞳位置の近傍に配置されている。

【0041】照明光学系10の第2のレンズアレイ19は投射光学系20に接近して配置されており、第2のレンズアレイ19を出射した光は途中で結像することなく直接全反射ミラー21に入射し、これによって反射されて投射光学系20内に入る。全反射ミラー21によって

反射された光は、光軸Axを含む平面で2分される後群20bの一方の部位を通過して後群20bの後端から出射し、液晶パネル40R、40G、40Bを照明する照明光となる。

【0042】クロスダイクロックプリズム30は、断面が直角二等辺三角形で同じ大きさの三角プリズムを4つ、直交する面同士で接合して成る。直交する2つの接合面のうち、一方には、R光を選択的に反射してG光およびB光を透過させるダイクロック面30Rが形成されており、他方には、B光を選択的に反射してR光およびG光を透過させるダイクロック面30Bが形成されている。クロスダイクロックプリズム30は、投射光学系20の後群20bの後端に近接して配置されており、その中心を投射光学系20の光軸Axが通る。光軸Axに対するダイクロック面30R、30Bの傾きは45°である。

【0043】液晶パネル40Gは投射光学系20の光軸Axに対して垂直に配置されており、液晶パネル40Rおよび液晶パネル40Bはそれぞれ、ダイクロック面30Rおよびダイクロック面30Bによって折り返された光軸Axに対して垂直に配置されている。液晶パネル40R、40G、40Bは、それぞれの中心を光軸Axまたは折り返された光軸Axが通るように、かつ投射光学系20の後群20bの後端からの光路長が等しくなるように配置されている。

【0044】図示しないが、液晶パネル40R、40G、40Bにはそれぞれ駆動回路が設けられている。これらの駆動回路は、画像のR成分を表す画像信号、G成分を表す画像信号、B成分を表す画像信号に基づいて、液晶パネル40R、40G、40Bをそれぞれ駆動する。

【0045】投射光学系20の後群20bから出射した全反射ミラー21からの光は、クロスダイクロックプリズム30に入射する。この光にはS偏光のR光RS、P偏光のG光GP、およびS偏光のB光BSが含まれているが、R光RSはダイクロック面30Rによって反射されて、液晶パネル40Rを照明する。同様に、B光BSはダイクロック面30Bによって反射されて、液晶パネル40Bを照明する。また、G光GPは2つのダイクロック面30R、30Bを透過して、液晶パネル40Gを照明する。

【0046】液晶パネル40R、40G、40Bを照明するR光RS、G光GP、B光BSは、各液晶パネルの背面側に設けられた反射面で反射されるとともに、液晶層を通過する間に画像信号に応じて変調され、それぞれ部分的に、P偏光のR光RP、S偏光のG光GS、P偏光のB光BPに偏光変換される。液晶パネル40Rおよび40Bの表面側にはP偏光を遮断する偏光板が設けられており、液晶パネル40Gの表面側にはS偏光を遮断する偏光板が設けられている。照明光であるR光RS、G光

GP、B光BSはこれらの偏光板を透過し、変調によって生じたR光RP、G光GS、B光BPはこれらの偏光板によって遮断される。したがって、後に合成されて投射光となる光の偏光成分は、照明光の偏光成分と同じである。

【0047】液晶パネル40R、40G、40Bによって反射されたR光RS、G光GP、B光BSは、再度クロスダイクロックプリズム30に入射し、R光RSがダイクロック面30Rにより反射され、B光BSがダイクロック面30Bにより反射され、G光GPがダイクロック面30R、30Bを透過することにより合成されて、投射光となる。合成されたR光RS、G光GP、B光BSは、投射レンズ20の後群20bに入射し、光軸Axに関して往路と反対側を通過して瞳位置に至り、全反射ミラー21の傍らを通して前群20aに入射する。前群20aは、この光を図外のスクリーンに向けて拡大投射し、スクリーン上に結像させる。これにより、3つの色成分の画像が重なり合ったカラー画像がスクリーンに表示される。

【0048】偏光分離装置12について説明する。本実施形態の投射表示装置1では、偏光分離装置12として複屈折回折光学素子を用いている。複屈折回折光学素子は、ブレース型回折格子が形成された格子基板の格子面に、複屈折性を有する媒質を密着させて構成される。ここでは、複屈折媒質として液晶を使用し、ブレース型回折格子が形成された格子基板12aと平行平板12cを対向して配置し、両者の間に液晶12bを封入して複屈折回折光学素子としている。

【0049】格子基板12aはプラスチック材料の成型により作製されている。ガラス板上に紫外線硬化性あるいは熱硬化性の樹脂を塗着し、これに金型を密着させて紫外線あるいは熱を加えて硬化させ、金型に形成しておいた格子を転写することによって格子基板12aを作製することもできる。

【0050】液晶12bは、回折格子の溝に沿って配向されており、回折格子の配列方向（図1の紙面に沿う方向）に平行な偏光面を有する偏光成分に対する屈折率と、回折格子の配列方向に垂直な偏光面を有する偏光成分に対する屈折率は異なる。格子基板12aの屈折率は、液晶12bのこれら2つの屈折率の一方に略等しくなるように設定されている。格子基板12aと液晶12bの屈折率に差があれば光は両者の界面で回折して進行方向を変えられ、格子基板12aと液晶12bの屈折率に差がなければ、両者の界面は回折格子として作用せず、光は直進する。したがって、光源11からの偏光面が無秩序な光は、偏光面が互いに垂直で進行方向の異なる2つの光、すなわちP偏光とS偏光とに分離される。

【0051】なお、格子基板12aの屈折率Nと液晶12bの常光および異常光に対する屈折率NoおよびNeは、 $|N - N_o| < 0.03$  または  $|N - N_e| < 0.$

0.3程度とするのが望ましい。この範囲を超えると、一方の偏光成分に対しては回折格子として作用しないはずの格子基板12aと液晶12bの界面で、その偏光成分の回折がある程度発生してしまい、偏光分離の効率低下を招く。

【0052】格子基板12aの屈折率Nが液晶12bの屈折率N<sub>o</sub>に略等しいとすると、格子基板12aに形成するブレース型回折格子の高さhは、 $h = \lambda_0 / |N - N_e|$ で求められる。ここで、 $\lambda_0$ は基準波長であり、投射表示装置1が投射に利用する光の全波長域の中央付近の波長に設定する。例えば、 $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$ 、 $N = 1.49$ 、 $N_e = 1.67$ とすると、 $h = 3.06 \mu\text{m}$ となる。

【0053】また、ブレース型回折格子のピッチpは、偏光面が垂直な2つの偏光成分をどれだけ角度 $\theta$ に分離するかによって決まり、 $p = \lambda_0 / \sin(\theta)$ で求められる。分離する角度 $\theta$ は、投射表示装置1の全体構成や構成要素であるレンズの焦点距離等の諸因子に応じて定めることになる。例えば、2つの偏光成分の分離角度 $\theta$ を5°とすると、 $p = 6.31 \mu\text{m}$ となる。

【0054】格子基板12aや液晶12bの耐久性を向上させるためには、これらを紫外線、赤外線等の不要な光に曝さないようにする必要がある。投射表示装置1では、リフレクタ16の直後にUV・IRカットフィルタ17を配置して、これを実現している。また、格子基板12aや液晶12bは、光源11およびリフレクタ16に近い位置に配置されているため、高温になりがちである。液晶の屈折率は温度によって多少変動するため、回折格子の高さhやピッチpは、使用時の温度を考慮してその温度での屈折率に基づいて設定するのがよい。

【0055】特定波長域偏光変換装置13は、ダイクロイック面を用いて構成される。まず、ダイクロイック面のP偏光およびS偏光に対する特性について説明する。図3に、G光を透過させるダイクロイック面の分光透過率を模式的に示す。ダイクロイック面の透過特性は、S偏光に対して狭くP偏光に対して広い。このため、G光の波長域Zの光を全て透過させるダイクロイック面では、R光およびB光の波長域の中に、P偏光とS偏光の双方が反射される波長域Xと、S偏光のみ反射されP偏光が透過する波長域Yが生じることになる。

【0056】いま、このダイクロイック面でR光、G光、B光の分解を行い、透過する光を全て偏光変換する場合を考える。偏光分離装置12による分離後のS偏光の光R<sub>S</sub>、G<sub>S</sub>、B<sub>S</sub>の組は、変換後に光R<sub>S</sub>、G<sub>P</sub>、B<sub>S</sub>となって、特定波長域のG光のみをR光およびB光とは異なる偏光にするという目的が達成される。ところが、分離後のP偏光の光R<sub>P</sub>、G<sub>P</sub>、B<sub>P</sub>の組は、波長域YのR光、B光がG光と共にダイクロイック面を透過して偏光変換されるため、変換後には光R<sub>P</sub>+R<sub>S</sub>、G<sub>S</sub>、B<sub>P</sub>+B<sub>S</sub>になってしまい、特定波長域のG光のみをR光およ

びB光とは異なる偏光にすることができなくなる。

【0057】そこで、投射表示装置1では、特定波長域偏光変換装置13を、ダイクロイック面を透過した光を全て偏光変換するのではなく、透過した光のうち波長域ZのG光のみを偏光変換し、波長域YのR光およびB光については偏光変換しない構成としている。特定波長域偏光変換装置13の構成と特定波長域偏光変換装置13のS偏光およびP偏光の白色光に対する作用を図4に模式的に示し、特定波長域偏光変換装置13の作用を受けたS偏光およびP偏光の白色光の分光分布を図5に模式的に示す。これらの図において、(a)は入射する光がS偏光の場合を表しており、(b)は入射する光がP偏光の場合を表している。

【0058】特定波長域偏光変換装置13は、G光すなわち特定波長域Zの光を全て透過させるダイクロイック面13a、波長域Zの光に対する1/4波長板13b、および全反射ミラー13cより成る。ダイクロイック面13aおよび全反射ミラー13cは1/4波長板13bにその両面から対向しており、3者は互いに平行に配置されている。

【0059】特定波長域偏光変換装置13に入射するS偏光の白色光は、図4(a)に示すように、ダイクロイック面13aを透過する波長域Zの光(G光)と、ダイクロイック面13aによって反射される波長域XおよびYの光(R光およびB光)とに分解される。ダイクロイック面13aを透過した波長域Zの光は、1/4反射板13bを透過することにより円偏光となり、全反射ミラー13cによって反射される。

【0060】全反射ミラー13cで反射された光は、再度1/4反射板13bを透過することにより、円偏光からP偏光となる。P偏光となった波長域Zの光は、ダイクロイック面13aを透過して、ダイクロイック面13aで反射されたS偏光のままの波長域XおよびYの光と同一方向に進む。その結果、図5(a)に示すように、波長域Zと波長域Yの境界で偏光面が明確に反転した白色光が得られる。

【0061】特定波長域偏光変換装置13に入射するP偏光の白色光は、図4(b)に示すように、ダイクロイック面13aを透過する波長域Zの光(G光)および波長域Yの光(R光およびB光の一部)と、ダイクロイック面13aによって反射される波長域Xの光(R光およびB光)とに分解される。ダイクロイック面13aを透過した波長域ZおよびYの光は、1/4反射板13bを透過することにより円偏光となり、全反射ミラー13cによって反射される。

【0062】全反射ミラー13cで反射された光は、再度1/4反射板13bを透過することにより円偏光からS偏光となる。S偏光となった波長域ZおよびYの光は、ダイクロイック面13aを透過する波長域Zの光と、S偏光になったことによりダイクロイック面13a



によって反射される波長域Yの光に分解される。ダイクロイック面13aを透過した波長域Zの光は、ダイクロイック面13aで反射されたP偏光のままの波長域Xの光と同一方向に進む。

【0063】ダイクロイック面13aによって反射された波長域YのS偏光の光は、再度全反射ミラー13cによって反射されてダイクロイック面13aに戻るが、この間に1/4反射板13bを2回透過することにより、P偏光に変換される。P偏光に戻った波長域Yの光はダイクロイック面13aを透過し、波長域XおよびZの光と同一方向に進む。その結果、図5(b)に示すように、波長域Zと波長域Yの境界で偏光面が明確に反転した白色光が得られる。

【0064】このように、特定波長域偏光変換装置13は、S偏光の白色光に対してもP偏光の白色光に対しても、特定波長域ZのG光のみを偏光変換することができ\*

層	Ni	Ti	層	Ni	Ti	層	Ni	Ti
25	1	入射側	16	2.3	0.357	7	1.47	0.349
24	1.385	0.140	15	1.47	0.689	6	2.3	0.379
23	1.47	0.874	14	2.3	0.887	5	1.47	0.201
22	2.3	0.331	13	1.47	0.924	4	2.3	0.678
21	1.47	0.947	12	2.3	0.228	3	1.47	0.419
20	2.3	0.828	11	1.47	0.301	2	2.3	1.079
19	1.47	0.424	10	2.3	0.410	1	1.62	0.140
18	2.3	0.287	9	1.47	0.691	0	1.52	基板
17	1.47	0.851	8	2.3	0.353			

【0067】この構成のダイクロイック面13aの分光透過率を図6に示す。図6において、実線はS偏光の透過率、破線はP偏光の透過率を表している。G光に相当する550nm付近では、ダイクロイック面13aを透過する波長域はS偏光よりもP偏光の方が20nm程度広がっている。

【0068】ダイクロイック面13aを透過した光は、実際には、前述のようにダイクロイック面13aと全反射ミラー13cの間を1往復または2往復するのではなく、透過率と反射率に応じてダイクロイック面13aと全反射ミラー13cで複数回反射されながら、この多重反射の間に偏光変換される。多重反射を考慮して求めた、特定波長域偏光変換装置13によって反射された光の強度分布を図7に示す。図7において、(a)は入射光がS偏光、(b)は入射光がP偏光の場合を表しており、実線は反射光に含まれるS偏光、破線はP偏光である。偏光面が異なる波長域は、入射光がS偏光であるかP偏光であるかにかかわらず一致している。

【0069】図7(b)に示した光は、後に1/2波長板15によって全て偏光変換される。その変換後の光は、偏光面も強度分布も図7(a)の光とほとんど同じになる。こうして、G光のみをP偏光とされた白色光R、S、G、Bが、クロスダイクロイックプリズム30に導かれる。

＊。また、この特定波長域偏光変換装置13は平面ミラーとして機能し、偏光分離装置12から角度差をもって入射する2組の光を、その角度差を保ったまま反射する。したがって、特定波長域偏光変換装置13が間に存在することを考慮することなく、偏光分離装置12によるP偏光とS偏光の分離角度や収束光学系14の収束位置を設定することが可能である。

【0065】ダイクロイック面13aの具体的な構成例を表1に示す。このダイクロイック面13cは、特定波長域を略510～略580nmとしたもので、24の層から成る。第0層は基板であり、第25層は空気である。Niは屈折率、Tiは光学的膜厚( $\lambda_0=443.1\text{nm}$ )を表す。

【0066】

【表1】

【0070】白色光をR光とG光およびB光とに色分解するために設けられているダイクロイック面30Rは、特定波長域の長波長端のS偏光を50%よりも高い率で反射するように設定されている。同様に、白色光をB光とG光およびR光とに色分解するために設けられているダイクロイック面30Bは、特定波長域の短波長端のS偏光を50%よりも高い率で反射するように設定されている。このように設定しても、前述のようにP偏光が透過する波長域はS偏光が透過する波長域よりも広いから、特定波長域の長波長端および短波長端のP偏光の反射率は50%よりも低くなる。すなわち、特定波長域の両端近傍の波長のR光RS、B光BSの反射率が向上するとともに、特定波長域の両端近傍の波長のG光GPの透過率も向上する。

【0071】具体的なダイクロイック面30Rおよび30Bの分光透過率(入射角45°)を、図8および図9にそれぞれ示す。R光を反射するためのダイクロイック面30Rは、S偏光の透過率が50%となるカットオフ波長を略570nmとされており、特定波長域の長波長端(580nm)のS偏光を90%程度反射する。B光を反射するためのダイクロイック面30Bは、S偏光に対するカットオフ波長を略520nmとされており、特定波長域の短波長端(510nm)のS偏光を90%程度反射する。また、ダイクロイック面30Rおよび30

BのP偏光に対するカットオフ波長は、それぞれ略620nmおよび略470nmとされており、特定波長域の両端のP偏光の透過率は略100%である。

【0072】したがって、R光RSおよびB光BSは大部分が反射されて効率よく液晶パネル40Rおよび40Bを照明し、G光GPは略全てがダイクロイック面30R、30Bを透過して、効率よく液晶パネル40Bを照明する。

【0073】ダイクロイック面30R、30Bは液晶パネル40R、40G、40Bで反射されたR光RS、G光GP、B光BSにも同様に作用する。したがって、ダイクロイック面30R、30Bで2回反射され、あるいはこれらを2回透過した後の、特定波長域の両端の光のエネルギーは90%程度になり、投射光に含まれるR光、G光、B光の波長域はどれもほとんど狭まらない。しかも、ダイクロイック面30R、30Bの特性が左右に若干シフトしても、各波長域はほとんど狭まらないので、光線の角度変化に対しても安定した特性が得られる。

【0074】当然、従来と比べて、ダイクロイック面30R、30Bで反射されるR光、B光は多くなり、ダイクロイック面30R、30Bを透過するG光も多くなる。その結果、表示する画像の明るさが向上する。また、光の色分解・色合成で失われる光量が大幅に低下することにより、迷光がほとんど発生しなくなって、迷光によるゴーストの発生やコントラストの低下も防止される。これにより、投射表示装置1は、明るく質の高い画像を表示することが可能になっている。

【0075】第2の実施形態の投射型画像表示装置2の光学系の全体構成を図10に示す。この投射表示装置2も、照明光学系10が供給する白色光をR光、G光、B光に色分解し、分解後の光で3つの液晶パネルを個別に照明し、各液晶パネルで変調された光を合成して投射することにより、カラー画像を表示するものである。

【0076】投射表示装置2は、照明光学系10の構成、および照明光学系10と投射光学系20の間にリレー光学系60を配置している点で、第1の実施形態の投射表示装置1と異なる。投射光学系20、全反射ミラー21、クロスダイクロイックプリズム30、および3つの反射型液晶パネル40R、40G、40Bの構成や機能は前述のとおりであり、重複する説明は省略する。

【0077】照明光学系10は、光源11、偏光分離装置12、特定波長域偏光変換装置13、収束光学系14、1/2波長板15、リフレクタ16、UV・IRカットフィルタ17、およびカレイドプリズム51より成る。光源11およびUV・IRカットフィルタ17は前述のものである。リフレクタ16は楕円面状であり、その焦点に光源11が配置されている。リフレクタ16は光源11が発する光を反射して平行光束とする。

【0078】投射表示装置2では、偏光分離装置12として、断面が直角二等辺三角形の三角プリズム12dの

斜面に、断面がくさび型の平板12eを接合し、接合面に偏光分離面12fを設けた偏光分離くさびプリズムを用いている。くさび型平板12eの他方の面は全反射面12gとされている。偏光分離面12fはS偏光を反射し、P偏光を透過させる。

【0079】リフレクタ16によって反射された光源11からの偏光面が無秩序な光は、偏光分離面12fに入射し、反射されるS偏光と透過するP偏光に分離される。P偏光は全反射面12gによって反射されるが、全反射面12gが偏光分離面12fに対して傾いているため、P偏光とS偏光は角度差をもって異なる方向に進む。

【0080】特定波長域偏光変換装置13は、ダイクロイック面13d、1/2波長板13e、および2つの全反射ミラー13f、13gより成る。投射表示装置2もG光の波長域を特定波長域としており、ダイクロイック面13dは略510~略580nmの光を透過させ、他の波長の光を反射する。

【0081】1/2波長板13eは偏光分離装置12からの光の光束全体を受け得る大きさを有しており、ダイクロイック面13dは1/2波長板13eの略2倍の大きさを有している。ダイクロイック面13dは、その半分に偏光分離装置12からの光が入射し、かつ入射角が略30°になるように配置されている。1/2波長板13eは、ダイクロイック面13dの偏光分離装置12からの光の入射部位に対向して設けられており、ダイクロイック面13dに近接して、偏光分離装置12の反対側に配置されている。

【0082】全反射ミラー13fは、ダイクロイック面13dを透過した偏光分離装置12からの光を反射して、1/2波長板13eが対向していないダイクロイック面13dの部位に入射させるように、ダイクロイック面13dに関して偏光分離装置12の反対側に、ダイクロイック面13dと平行に配置されている。全反射ミラー13gは、ダイクロイック面13dで反射された偏光分離装置12からの光を反射して、1/2波長板13eが対向していないダイクロイック面13dの部位に入射させるように、ダイクロイック面13dに関して偏光分離装置12と同じ側に、ダイクロイック面13dと平行に配置されている。ダイクロイック面13dから2つの全反射ミラー13f、13gまでの距離は等しい。

【0083】偏光分離装置12からのP偏光の白色光は、ダイクロイック面13dに入射し、反射されるR光RPおよびB光BPと、透過するG光GPとに分解される。反射されたR光RP、B光BPは全反射ミラー13gによって反射されて、ダイクロイック面13dに再度入射し、これにより再び反射される。ダイクロイック面13dを透過したG光GPは、1/2波長板13eを透過することによってS偏光に変換される。S偏光となったG光GSは、全反射ミラー13fによって反射されてダ

イクロイック面13dに再度入射し、これを透過して、反射されるR光RPおよびB光BPと合成される。

【0084】偏光分離装置12からのS偏光の白色光は、ダイクロイック面13dに入射し、反射されるR光RSおよびB光BSと、透過するG光GSとに分解される。反射されたR光RS、B光BSは全反射ミラー13gによって反射されて、ダイクロイック面13dに再度入射し、これにより再び反射される。ダイクロイック面13dを透過したG光GSは、1/2波長板13eを透過することによってP偏光に変換される。P偏光となったG光GPは、全反射ミラー13fによって反射されてダイクロイック面13dに再度入射し、これを透過して、反射されるR光RSおよびB光BSと合成される。

【0085】したがって、偏光分離装置12からのP偏光は光RP、GS、BPに変換され、S偏光は光RS、GP、BSに変換される。特定波長域偏光変換装置13に入射するP偏光とS偏光の進行方向には角度差があり、上記構成ではこの角度差に変化が生じないから、2組の光RP、GS、BPおよび光RS、GP、BSは入射時と同じ角度差で特定波長域偏光変換装置13から出射することになる。

【0086】収束光学系14は単一の集光レンズで構成されており、入射する2組の光RP、GS、BPおよび光RS、GP、BSを個別に収束させる。1/2波長板15は光RP、GS、BPの収束位置近傍に配置されており、光RP、GS、BPは1/2波長板15を透過することにより光RS、GP、BSに変換されて、他方の組と同じ組成となる。なお、収束光学系14を複数のレンズで構成するようにしてもよい。

【0087】カレイドプリズム51は断面が多角形の柱状体であり、側壁の内面は全反射面とされている。カレイドプリズム51は、一方の端面51aが収束光学系14の2つの収束位置の近傍に位置するように配置されており、収束光学系14により収束する2つの光は端面51a上に光源11の像をそれぞれ形成する。光源像の光は、カレイドプリズム51の内部を進む間にその側面で複数回反射し、略均一な強度分布となって他方の端面51bから出射する。したがって、照明光学系10は、S偏光のR光RS、P偏光のG光GP、S偏光のB光BSのみを含み明るさにむらのない白色光を供給することができる。

【0088】リレー光学系60は2つのレンズ61a、61bより成る。レンズ61aはカレイドプリズムに近接して配置されており、レンズ61bは投射光学系20に近接して配置されている。リレー光学系60は、液晶パネル40R、40G、40Bの全面を照明するように、カレイドプリズム51からの光を導く。

【0089】リレー光学系60および全反射ミラー21により投射光学系20に導き入れられた照明光学系10からの光は、クロスダイクロイックプリズム30でR

光、G光、B光に色分解されて、各液晶パネル40R、40G、40Bの照明光となる。これらの照明光は各液晶パネル40R、40G、40Bで変調され反射され、クロスダイクロイックプリズム30で合成されて投射光となる。

【0090】前述のように、特定波長域の両端近傍の光に対するダイクロイック面30G、30Bの特性は、P偏光をほとんど透過させS偏光をほとんど反射するように設定されている。特定波長域であるG光はP偏光のみとなっているため、その短波長端や長波長端付近でも反射されることなくダイクロイック面30G、30Bを透過する。したがって、色分解や色合成に際して、G光はほとんど失われることがない。

【0091】一方、特定波長域の両端近傍のR光およびB光は、それぞれ半分がS偏光、半分がP偏光となっており、S偏光のR光RSおよびB光BSの大部分はダイクロイック面30G、30Bで反射され、P偏光のR光RPおよびB光BPの大部分はダイクロイック面30G、30Bを透過する。すなわち、特定波長域の両端近傍のR光およびB光については、ダイクロイック面30G、30Bによる光の損失は、G光の両端の波長に対するダイクロイック面の透過率を50%として全てS偏光の白色光を入射させる従来の装置と同程度である。

【0092】しかしながら、G光の損失がほとんどないため、投射表示装置2では、光の損を従来の略1/2に抑えることができ、明るい画像を表示することができ、また、迷光の発生も略1/2になり、迷光に起因する画質の低下も大幅に抑制される。

【0093】第3の実施形態の投射型画像表示装置3の光学系の全体構成を、図11の斜視図に示す。この投射表示装置3は、第1の実施形態の投射表示装置1のクロスダイクロイックプリズム30に代えて2つのダイクロイックミラー31R、31Bを備えて、2段階で光の色分解および色合成を行うようにするとともに、全反射ミラー21を省略して照明光をダイクロイックミラー31Bに直接入射させるようにしたものである。

【0094】照明光学系10は、投射表示装置1のものと同様に、複屈折回折光学素子より成る偏光分離装置12、ダイクロイック面、1/4波長板および全反射ミラーより成り、分離されたP偏光およびS偏光の白色光をそれぞれ光RP、GS、BPおよび光RS、GP、BSに変換する特定波長域偏光変換分離装置13、インテグレータの第1のレンズアレイを兼ねる収束光学系14、インテグレータの第2のレンズアレイ19、ならびに収束光学系14による光RP、GS、BPの収束位置近傍に設けられた1/2波長板15を備えている。照明光学系10は、投射表示装置1のものと同様の光源、UV・IRカットフィルターおよび凹レンズも備えているが、これらは図11では他の構成要素の陰になっており、現れていない。

【0095】ダイクロイックミラー31RはR光を反射してG光およびB光を透過させるものであり、ダイクロイックミラー31BはB光を反射してR光およびG光を透過させるものである。これらのダイクロイックミラー31Rおよび31Bの特性は、投射表示装置1のダイクロイック面30Rおよび30Bと同じに設定されている。

【0096】ダイクロイックミラー31R、31Bは投射光学系20の光軸Axに対して45°傾き、互いに垂直になるように配置されている。液晶パネル40Gは光軸Axに対して略垂直に、また、液晶パネル40Rおよび40Bはそれぞれダイクロイックミラー31R、31Bで折り返された光軸Axに対して略垂直に配置されており、液晶パネル40G、40R、40Bの中心を光軸Axまたは折り返された光軸Axが通る。ダイクロイックミラー31Bから液晶パネル40R、40G、40Bまでの光路長は、全て等しく設定されている。

【0097】照明光学系10からの光Rs、Gp、Bsはダイクロイックミラー31Bに入射し、透過する光Rs、Gpと反射される光Bsとに分解される。ダイクロイックミラー31Bを透過した光Rs、Gpはダイクロイックミラー31Rに入射し、透過する光Gpと反射される光Rsとに分解される。こうして色分解された光Rs、Gp、Bsは各液晶パネル40R、40G、40Bの照明光となり、各液晶パネル40R、40G、40Bで変調され反射される。液晶パネル40R、40G、40Bからの反射光は、ダイクロイックミラー31R、31Bで順次合成されて投射光となり、投射光学系20によって図外のスクリーンに向けて拡大投射され、スクリーン上で結像してカラー画像を表す。

【0098】投射表示装置3においても、特定波長域であるG光の両端で偏光面が明確に反転するため、照明光の色分解および投射光の色合成に際して光の損失がほとんど発生しない。したがって、明るく質の高い画像を表示することができる。

【0099】また、通常、投射レンズには、色分解・色合成用のダイクロイック面を通過する光線の角度が、軸上と軸外で同じになるように、テレセントリック光学系を用いる。テレセントリック光学系でない場合、ダイクロイック面の特性の変化により軸上と軸外で像の色合いの異なる色むらが生じる。しかし、本発明の照明光学系を用いれば、ダイクロイック面を通過する光線の角度が軸上と軸外で異なる非テレセントリック光学系を用いても色むらは発生しない。非テレセントリック光学系を用いた場合、投射光学系を小型化し得る等の利点がある。なお、非テレセントリック光学系を用いる場合、液晶パネルの直前にコンデンサレンズ等を置く必要がある。

【0100】以上説明したように、本発明の照明光学系は、ダイクロイック面で光の色分解を行うときに、光の損失を防止することができる。したがって、透過型の液

晶パネルで光の変調を行う投射型画像表示装置にも適用可能である。各実施形態に示した如く反射型の液晶パネルで光の変調を行う投射型画像表示装置では、ダイクロイック面での光の色合成に際しても光の損失が防止されるから、特に有用である。また、特定波長域と他の波長域で偏光面が異なる光を供給するという特徴を備えた本発明の照明光学系は、投射型画像表示装置に限らず、偏光を用いる他の光学装置に適用して、その特徴を利用することができる。

10 【0101】

【発明の効果】本発明の照明光学系によるときは、特定の波長域でP偏光、他の波長域でS偏光の白色光、または特定の波長域でS偏光、他の波長域でP偏光の白色光を供給することが可能になる。したがって、たとえば白色光の色分解を行う光学装置では、特定の波長域と他の波長域とに分解することで、偏光の特性の差を利用して確実にかつ効率よく分解することができる。

【0102】特に、特定波長域偏光変換装置をダイクロイック面と1/4波長板と反射面とで構成することで、簡素で薄型の特長波長域偏光変換装置が得られ、しかも、これをミラーの如く利用することができるから、照明光学系全体を小型で簡素な構成とすることができる。

【0103】また、特定の波長域を緑色の波長域とすると、R光の偏光面とG光の偏光面、G光の偏光面とB光の偏光面をいずれも相違させることができる。したがって、カラー画像を表示する装置のように白色光を分解してR、G、Bの3色の光を得るものでは、確実にかつ効率よく色分解を行うことができる。分解後の3色光の合成の効率もよい。

30 【0104】照明光学系にレンズアレイ方式のインテグレートラを備えて、インテグレートラの第1のレンズアレイを収束光学系として兼用する構成では、光学系の大型化を招くことなく強度分布が均一な光を提供することが可能になる。

【0105】また、本発明の投射型画像表示装置によるときは、2つのダイクロイック面による光の分解および合成における光量損失をほとんど無くすることができる。これにより、表示する画像の明るさが向上し、また、迷光の発生が防止されて、迷光に起因する表示画像の質の低下が避けられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の照明光学系の原理を模式的に示す図。

【図2】 第1の実施形態の投射型画像表示装置の光学系の全体構成を示す図。

【図3】 G光を透過させるダイクロイック面の分光透過率を模式的に示す図。

【図4】 第1の実施形態の特定波長域偏光変換装置の構成と、特定波長域偏光変換装置のS偏光およびP偏光の白色光に対する作用を模式的に示す図。

【図5】 第1の実施形態の特定波長域偏光交換装置の作用を受けたS偏光およびP偏光の白色光の分光分布を模式的に示す図。

【図6】 第1の実施形態の特定波長域偏光交換装置を構成するダイクロイック面の分光透過率を示す図。

【図7】 第1の実施形態の特定波長域偏光交換装置によって反射された光の分光強度分布を示す図。

【図8】 第1の実施形態のクロスダイクロイックプリズムのR反射のダイクロイック面の分光透過率を示す図。

【図9】 第1の実施形態のクロスダイクロイックプリズムのB反射のダイクロイック面の分光透過率を示す図。

【図10】 第2の実施形態の投射型画像表示装置の光学系の全体構成を示す図。

【図11】 第3の実施形態の投射型画像表示装置の光学系の全体構成を示す斜視図。

【図12】 従来の投射型画像表示装置の光学系の構成を示す図。

【図13】 従来の投射型画像表示装置のクロスダイクロイックプリズムで発生する迷光を模式的に示す図。

【符号の説明】

1、2、3 投射型画像表示装置

10 照明光学系

11 光源

12 偏光分離装置

12 a 回折格子基板

\* 12 b

12 c

12 d

12 e

12 f

12 g

13

13 a

13 b

10 13 c

13 d

13 e

13 f、13 g

14

15

16

17

18

19

20

30

30 R、30 B

31 R、31 B

40 R、40 G、40 B

51

60

液晶

平行平板

三角プリズム

くさび型平板

偏光分離面

全反射面

特定波長域偏光交換装置

ダイクロイック面

1/4波長板

全反射ミラー

ダイクロイック面

1/2波長板

全反射ミラー

収束光学系

1/2波長板

リフレクタ

UV・IRカットフィルタ

凹レンズ

レンズアレイ

投射光学系

クロスダイクロイックプリズム

ダイクロイック面

ダイクロイックミラー

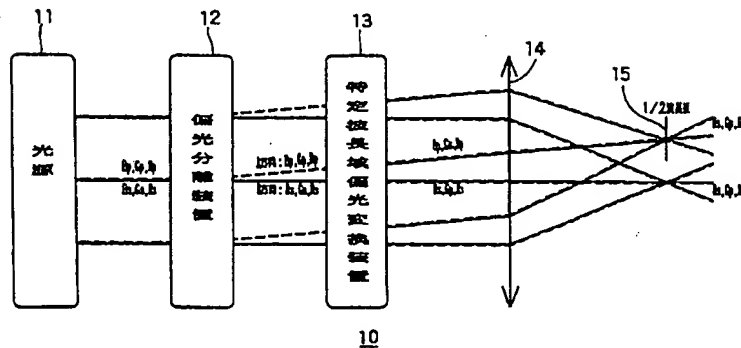
反射型液晶パネル

カレイドプリズム

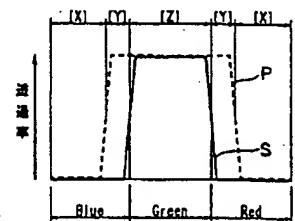
リレー光学系

\*

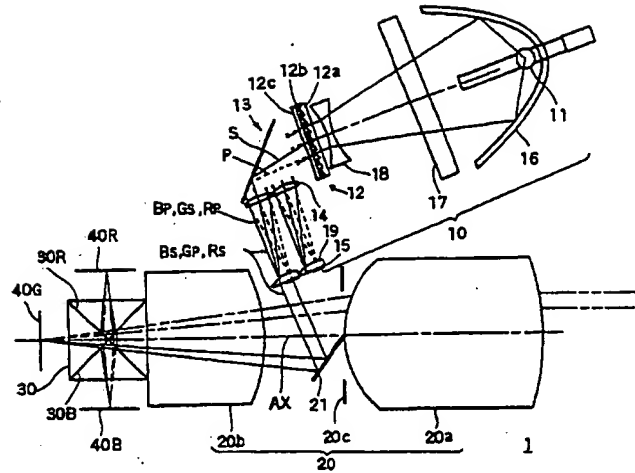
【図1】



【図3】

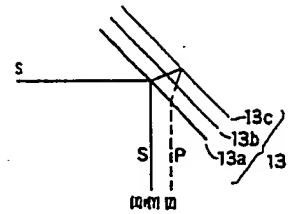


【図2】

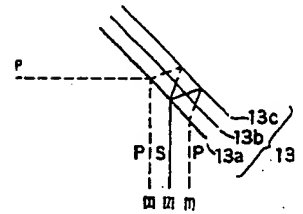


【図4】

(a)

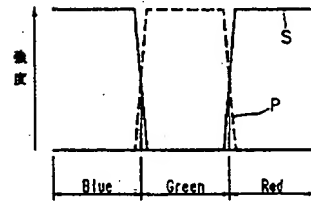


(b)

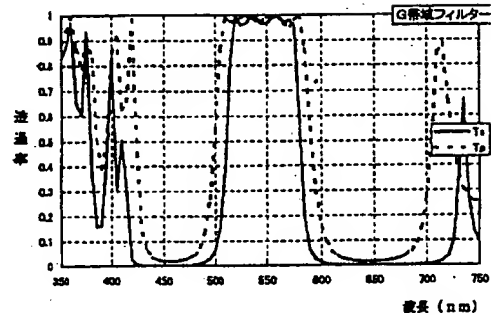


【図5】

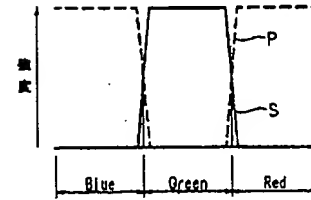
(a)



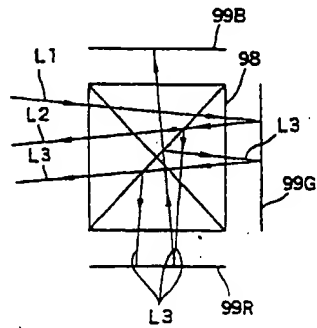
【図6】



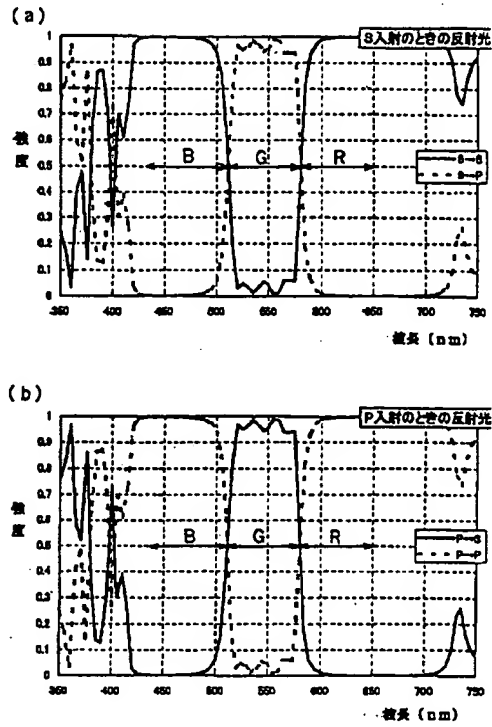
(b)



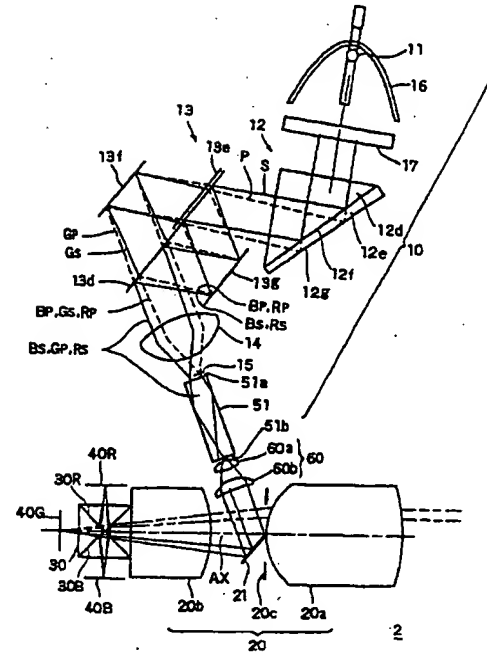
【図13】



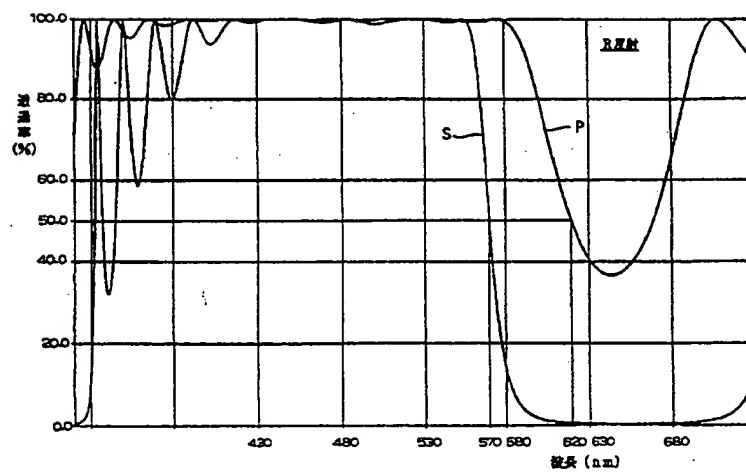
【図7】



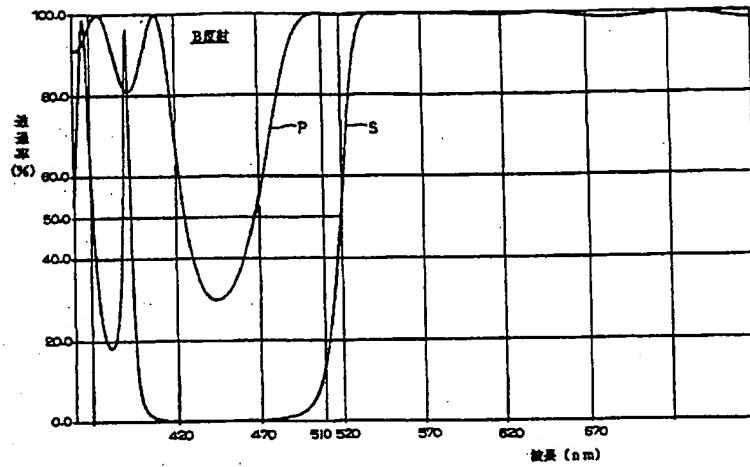
【図10】



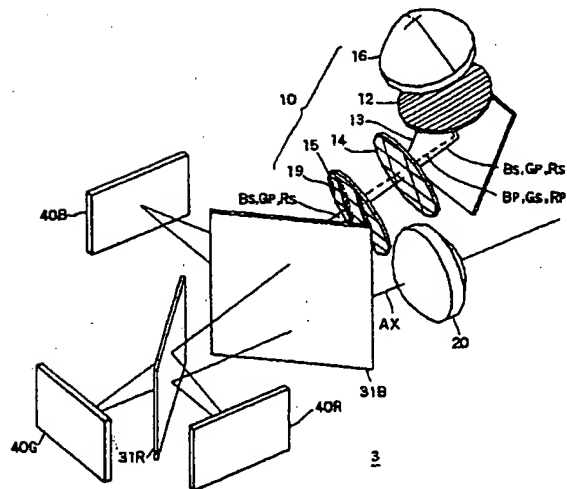
【図8】



【図9】

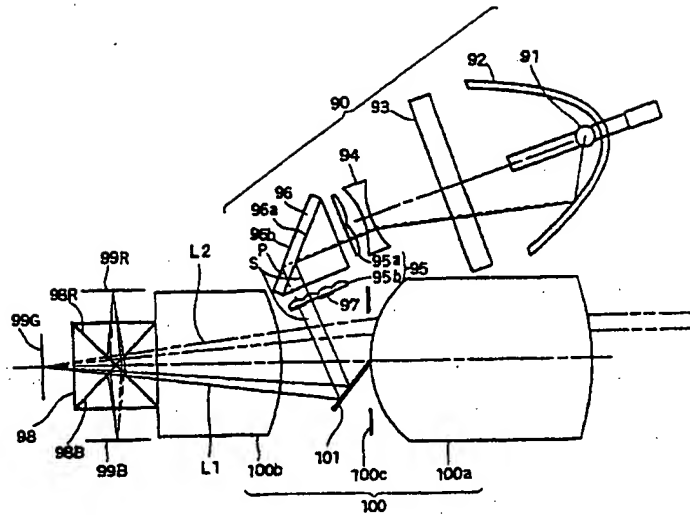


【図11】





【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

H04N 5/74  
9/31

識別記号

F I

H04N 9/31  
G02F 1/1335

テームコード(参考)

C 5C060  
530

(72)発明者 金野 賢治

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 2H049 AA02 AA39 AA63 BA05 BA06

BA07 BA42 BA45 BB03 BB61  
BC222H088 EA14 EA15 EA16 EA18 EA47  
HA11 HA13 HA15 HA20 HA24  
HA25 HA28 MA042H091 FA05X FA10Z FA11Z FA14Z  
FA19Z FA26Z FA29Z FA41Z  
FC02 LA18 MA072H099 AA12 BA09 CA01 CA05 DA05  
5C058 EA00 EA11 EA12 EA13 EA51  
5C060 BC01 EA01 GA01 HC00 HC09  
HC12 HC14 HC20 HD02 JB06